

二化螟蟲の蛹期の發育に及ぼす相互變溫の影響

東京帝國大學農學部動物學教室 農學士

土 屋

孝

緒 言

恒溫に於ける二化螟蟲(*Chilo simplex* BUTLER)の蛹期の發育に就いては、既に春川・高戸及び熊代(一九三)、道家(一九三五)の報告があり、蛹期間の逆數、即ち發育速度は $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{C}$ の溫度の範圍では、その上昇と共に直線的に急昇し、 25°C 以上の溫度では、その遞加率は減退するものゝ、尙上昇の傾向を示し、 34°C 附近で最高値を示す様である。翻つて昆蟲の生態因子の一として、溫度が發育に及ぼす影響を究明するには、恒溫狀態に於ける發育のみならず、變溫狀態の夫れをも吟味する必要があると考へられる。著者はその一斑を窺知するために、相互變溫(alternating temperature)狀態に於ける二化螟蟲の蛹期の發育に就いて聊か實驗を行つたので、茲に其の結果を報告する次第である。

本報文を草するに當り終始懇篤なる指導を賜つた東京帝國大學農學部の楠木外岐雄教授、並に本實驗遂行の機會を與へられた大原農業研究所に對して深甚の謝意を表明する。又本稿を纏めるに際し援助を賜つた石倉秀次氏に深謝の意を表したい。

材料及び實驗方法

本實驗に使用した蛹は、昭和一三年度に静岡縣農事試驗場より當教室宛に送附された老熟越冬幼蟲を、五月中、下旬に潜伏してゐる稻稈内から取出し、之を直徑 3 mm、長さ約 4 cm のセロファン紙製細筒内に潜入、化蛹せしめたものである。化蛹した蛹は毎日午前九時及び午後六時の兩回に採集し、セロファン紙製細筒内から取出して供試した。従つて實驗開始時に於て、蛹は化蛹後最長一五時間以内の状態に在り、殆ど白色乃至稍々飴色を帯びた程度に在つた。

斯の如くして得た蛹は之を一日中夫々二、四、八、一六、二〇時間、可成大なる發育の行はれる高温に接觸せしめ、殘餘の時間、即ち夫々二二、二〇、一六、八、四時間に蛹の發育閾 (threshold of development) に近い低温に接觸せしめ、斯の如く高、低兩溫度間を周期的に交互に變動する状態に於て、羽化迄に經過する日數を調査し、之を高温のみに接觸せしめた場合 (即ち恒温状態) の夫れと比較し、溫度の變動の影響の有無を窺知せんとした。而して高温としては 20.00° , 25.38° , 30.09° , 35.76° C の四溫度區を、低温區としては 12.15° C を何れも München 式橋型恒温器内に設定した。各溫度區の表示溫度は實驗全期間を通じ、午前一〇時、午後四時の兩回觀測した數値の算術平均を元とした。

上述せる四個の高温區と之に接觸する時間の長短とを組合せ、一七個の交互變溫區と、對照として四個の恒温區を設定し、各區には一五—二五頭の蛹を供試した。尙各實驗區とも濕度は NaCl の飽和溶液に依つて相對濕度七〇—八〇% に調節した (Zwölfer 1911, 1912)。即ち直徑 9 cm、深さ 2 cm のベトリシャーレの蓋の部分に NaCl の飽和溶液を入れ、之に寒冷紗張りの框を載せ、その上にシャーレの身の部分を伏せて得られる目的濕度の空間に蛹を挿入した。

各實驗區に於ける蛾の羽化は毎日午前一〇時及び午後二—三時頃の兩回に、その個體數及び性別を調査し、合計を以つて其の日の羽化數とした。

第一表 恒溫及び交互變溫下に於ける二化螟蟲の蛹期間

一日中 高溫に 接觸せ し時間	接 觸 高溫	雌			雄			雌雄平均		
		高溫	低溫	合計	高溫	低溫	合計	高溫	低溫	合計
24 對照區	20.00	18.52	0	18.52	19.79	0	19.79	19.05	0	19.05
	25.38	8.93	0	8.93	9.80	0	9.80	9.29	0	9.29
	30.09	7.67	0	7.67	7.71	0	7.71	7.69	0	7.69
	35.76	7.00	0	7.00	7.11	0	7.11	7.07	0	7.07
20	20.00	17.30	3.47	20.77	17.64	3.53	21.17	17.44	3.49	20.93
	25.38	9.42	1.88	11.30	9.44	1.89	11.33	9.43	1.88	11.31
	30.09	8.03	1.61	9.64	8.42	1.68	10.10	8.19	1.64	9.83
	35.76	6.67	1.33	8.00	6.67	1.33	8.00	6.67	1.32	8.00
16	20.00	16.78	8.39	25.17	17.55	8.78	26.33	17.11	8.56	25.67
	25.38	9.05	4.53	13.58	9.53	4.76	14.29	9.27	4.57	13.84
	30.09	6.71	3.35	10.06	7.33	3.67	11.00	6.93	3.46	10.39
	35.76	6.20	3.10	9.30	6.67	3.33	10.00	6.41	3.20	9.61
8	20.00	11.74	23.49	35.23	12.33	24.67	37.00	12.01	24.01	36.02
	25.38	7.57	15.14	22.71	8.06	16.11	24.17	7.83	15.66	23.49
	30.09	6.59	13.17	19.76	7.10	14.19	21.29	6.80	13.60	20.40
	35.76	5.93	11.85	17.78	6.25	12.51	18.76	6.05	12.09	18.14
4	25.38	5.89	29.44	35.33	6.13	30.96	37.09	6.06	30.32	36.38
	30.09	5.00	25.00	30.00	5.16	25.77	30.93	5.05	25.26	30.31
	35.76	4.46	22.27	26.73	4.87	24.33	29.20	4.74	23.68	28.42
2	30.09	3.50	38.50	42.00	3.60	39.57	43.17	3.50	38.54	42.04
	35.76	3.14	34.53	37.67	3.23	35.55	38.78	3.19	35.14	38.33

實驗結果

相互變溫區及び對照たる恒溫區に於ける蛹期間の平均日數を表示すれば、第一表の如くである。

この結果に依ると、蛹期間は各實驗區とも雌より雄に長く、道家(二五五)の恒溫に於ける發育に就いての結果と一致してゐる。而して溫度の變動が蛹の發育に對して如何なる影響を及ぼしたかを窺知するため、此の結果を次に述べる如く解析した。

本實驗に於て、蛹期の全發育量は高溫に接觸せしめられた期間の發育と、低溫に在つた期間の夫れとの和が認めら

第二表 恒溫及び交互變溫下に於ける
二化螟蟲蛹の高溫の發育速度

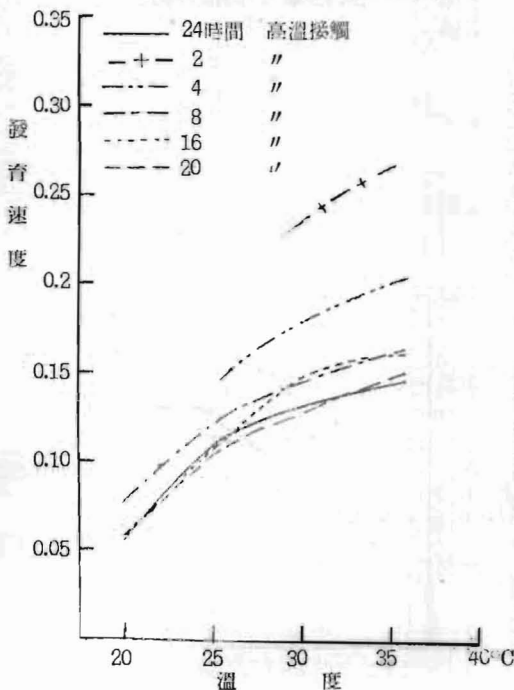
一日中高 溫に接觸 せし時間	接觸高溫	發 育 速 度		
		雌	雄	雌雄平均
24 (對照區)	20.00	0.0540	0.0505	0.0525
	25.38	0.1118	0.1044	0.1076
	30.09	0.1304	0.1294	0.1306
	35.76	0.1429	0.1406	0.1414
20	20.00	0.0568	0.0557	0.0563
	25.38	0.1052	0.1049	0.1050
	30.09	0.1235	0.1178	0.1211
	35.76	0.1489	0.1489	0.1489
16	20.00	0.0571	0.0545	0.0559
	25.38	0.1080	0.1024	0.1052
	30.09	0.1465	0.1339	0.1402
	35.76	0.1588	0.1474	0.1531
8	20.00	0.0752	0.0711	0.0732
	25.38	0.1221	0.1141	0.1181
	30.09	0.1418	0.1309	0.1364
	35.76	0.1586	0.1500	0.1543
4	25.38	0.1448	0.1379	0.1414
	30.09	0.1750	0.1644	0.1797
	35.76	0.1992	0.1804	0.1898
2	30.09	0.2307	0.2228	0.2267
	35.76	0.2635	0.2546	0.2591

れる。従つて今全發育量から後者を控除して得られる殘部を高温に接觸せしめられた期間で割れば、交互變溫狀態に於ける高温の發育速度が求められる譯である。さて、本實驗の低温區に於ける發育速度はこの溫度を恒温とする對照區の實驗を、實驗開始後五九日で打切つたため實測することが出來ず、從來の實驗結果から推測するの止むなきに至つた。然し乍ら、打ち切り當時の蛹の狀態を観察すると、其の外部の形態は未だ全く羽化の徴候を現はして居なかつた。

今道家(九五)の得た結果に於て發育速度が直線的關係にある $15.22^{\circ}\sim 25.04^{\circ}\text{C}$ の間の溫度が Shelford の所謂 *medial temperature* に相當するものと假定し、此の發育速度曲線を低温部に直線的に延長して、理論上の發育閾を求めて見ると、之は雄に對しては 12.07°C 、雌に對しては 11.37°C 、雌雄の平均では 11.83°C となる。

然し乍ら低温に於ける發育は、此の直線より稍々ずれて *lag-phase* を示し、事實上の發育閾は理論上の夫れより低温に在るのが普通であるから、本實驗の低温區たる 12.15°C に於ける發育速度を 0.005 と推定した。而して之を基礎として、次式に依り高温に於ける蛹の發育速度を各實驗區に就いて算出すると、第二表の如くなる。

第1圖 恒温及び變溫下に於ける二化螟
蟲蛹(雌)の高温の發育速度曲線



高溫に於ける蛹の發育速度

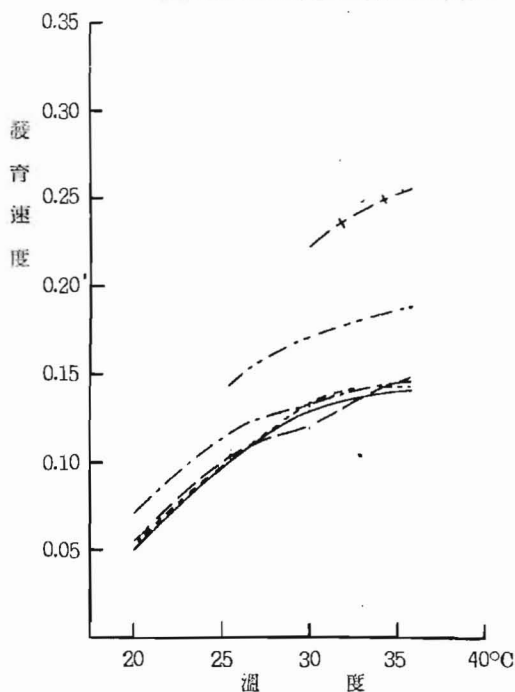
1-0.005×低溫に接觸せる日數

—— 高溫に接觸せる日數

この結果を圖示すれば第一、二、三圖のやうで、發育速度は高溫に接觸せる時間の長短を問はず、雄より雌に於て大きく、恒溫に於ける發育と一致した傾向を示してゐる。尙發育速度曲線の形狀を觀察すると、一六時間高溫に接觸した區は稍々不規則であるが、20~25°Cの間では急昇し、之より高溫では上昇が緩慢となり、之亦恒溫に於ける結果と類似してゐる。

次に發育速度の大小に就いて溫度變動の影響を考察して見ると、高溫に二〇時間及び一六時間接觸した場合には、雌雄及び其の平均の發育速度ともに、對照區との差異が認められない。従つて溫度の變動は發育に對して何等影響を與へなかつた譯である。之に反して八時間高溫に接觸せる區は、對照區に比較して明かに大なる發育速度を示し、高溫に接觸する時間が更に短縮するに伴つて、發育速度は一層大きくなつてゐる。即ち高溫に接觸する時間が短縮すれば溫度の變動は發育に對して促進的影響を與へてゐる。

第2圖 恒溫及び變溫下に於ける二化螟蟲蛹(雄)の高溫の發育速度曲線

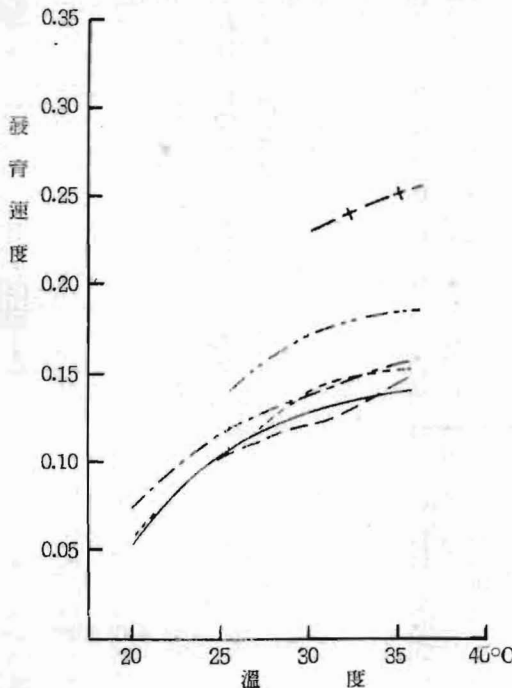


考 察

變溫と昆蟲の發育との關係に就いては、AHMAD (一九二六)、BUDINE (一九二五)、COOK (一九二四)、DESTOUCHES (一九二二)、HASE (一九二七)、JANISCH (一九二〇)、LUDWIG (一九二六)、一九二六、一九二〇、一九二四)、PARKER (一九二六)、PEAIRS (一九二四)、VOLTZ (一九二五) 等の鱗翅目、鞘翅目、直翅目の卵、幼蟲、蛹の發育に關する研究があるが、其の結果は必ずしも一致してゐない。相互變溫が發育に及ぼす影響を考察するに當つては、之を構成する高低兩溫度の性質及び之に接觸する時間の長短が意義を有する様である。

LUDWIG (一九二六) は相互變溫下に於けるマメコガネの卵の發育が變溫を構成する高低兩溫度の平均を恒溫とする状態に於ける夫れと比較して、(一)恒溫状態の發育に於ける最適溫度、即ち發育速度が最大値をとる溫度以上の一溫度と、發育閾と最適溫度間の一溫度との間を變動する場合に發育は遲滞し、(二)發育閾と最適溫度間の二溫度を變動する場合には發育は促進される事なく、

第3圖 恒溫及び變溫下に於ける二化螟蟲蛹(雌雄平均)の高溫の發育速度曲線



第三表 交互變溫下に於ける二化螟蟲蛹の低溫の發育速度

一日中高溫に接觸せし時間	接觸高溫	發 育 速 度		
		雌	雄	雌雄平均
20	20.00	0.0190	0.0308	0.0249
	25.38	-0.0283	0.0077	-0.0103
	30.09	-0.0293	-0.0583	-0.0438
	35.76	0.0353	0.0468	0.0411
16	20.00	0.0112	0.0129	0.0121
	25.38	-0.0026	0.0011	-0.0008
	30.09	0.0373	0.0134	0.0254
	35.76	0.0368	0.0188	0.0278
8	20.00	0.0156	0.0153	0.0155
	25.38	0.0102	0.0098	0.0100
	30.09	0.0078	0.0056	0.0067
	35.76	0.0129	0.0097	0.0113
4	25.38	0.0116	0.0116	0.0116
	30.09	0.0139	0.0128	0.0134
	35.76	0.0163	0.0129	0.0146
2	30.09	0.0141	0.0135	0.0138
	35.76	0.0160	0.0154	0.0157

1—高溫に於ける發育速度×高溫に接觸する日數
 低溫に接觸する日數

(三)發育閾以下の溫度と發育閾と最適溫度間の一溫度を變動する場合には發育が促進されると結論してゐる。而して氏は後(二九三)に(三)の場合に認められる發育促進的効果が發育閾以下の溫度に於ける見掛け上の發育速度を、恒溫状態に於ては事實上より可なり小さく評價されることに起因すると指摘した。即ち恒溫状態の發育閾に於ては、成蟲の羽化は行はれないが、蛹は可なりの發育を示すものであつて、斯る現象は小泉(二九元)も認めてゐる。本實驗が今此のカテゴリに入るものとし、その理論に依つて説明されるとすれば、低溫區の發育速度として

は一定値を取らなければならない。然し乍ら此の値を計算して見ると第三表に示す如く必ずしも一致した値を取らず、

高溫に接觸する時間が短縮するに伴つて此の値は増加する傾向が認められる。此の結果から判斷すれば、本實驗に於ける相互變溫の發育促進的影響は、低溫に於ける發育を過小に評

價せることに依るものではなく、寧ろ低溫への接觸により、高溫に於ける發育速度が大きくなつたことに基づくものと解釋すべきであらう。斯る現象は Cook (1917) がヤガの種類 *Porcia grostis orthogonia* 及び *Chorizagrostis australis* の幼蟲に就き、又 Ludwig (1920) がマメコガネの卵に就いて認めてゐるところである。

次に高溫に接觸せる時間の長短の影響に就いて考察すると、接觸時間が短縮する程、高溫の發育速度に對する促進的効果は大きくなつてゐる。此の點は Cook が前記のヤガに就いて、高溫接觸時間が八時間に短縮する迄發育速度は増大し、更に短縮すれば、かへつて減少すると報じてゐるのと趣を異にしてゐる。斯の如き差異は二化螟蟲の種としての個性であるか、或は低溫に於ける發育速度を事實より小さく評價したことに原因するものであるかは明かでなく、此の點は今後の再検討に俟たなければならない。

要 結

- 一、二化螟蟲の蛹期の發育は溫度の變動によつて促進される傾向を有する。
- 二、發育促進の傾向は高溫に接觸する時間の短縮に伴つて著しくなる。

文 獻

- ASHAD, T. 1936: The influence of constant and alternating temperature on the development of certain stages of insects.
Proc. nat. Inst. Sci. India 2: 67—

- BODINE, J. H. 1925: Effect of temperature on the rate of embryonic development of certain Orthoptera. Journ. exp. Zool., 42: 91—
- COOK, W. C. 1927: Some effects of alternating temperatures on the growth and metabolism of cutworm larvae. Journ. econ. Ent., 20: 769—
- DESTOUCHES, L. 1921: Prolongation de la vie chez les *Galleria melonella*. G. R. Acad. Sci. Paris, 172: 998—
- 道 家 信 道 一九三〇 二化螟蟲の生態に及ぼす濕度の影響(第一報)『應用動物學雜誌』八、八七—
- HARUKAWA, C., TAKAYO, R., and KUMASHIRO, S. 1931: Studies on the Rice-Borer, *Chilo simplex* BUTLER. II. Berichte Ohara Inst. Landw. Forsch., 5: 209—
- HASE, A. 1927: Ueber Temperaturversuche mit Eiern der Mehlmotte (*Ephestia kühniella* ZELL.) Arb. biol. Anst. Land. Forstw., Berlin, 15: 109—
- " 1930: Weitere Versuche zur Kenntnis der Bettwanzen, *Cimex lectularius* L., und *Cimex rotundatus* STIG. Zeits. Parasitenk., 2: 368—
- JANTSCH, F. 1930: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Umweltfaktoren auf Insekten: Die Massenvermehrung der Baumwolleneule *Prodenia lituralis* in Ägypten. Zeits. Morph. Okol. Tiere, 17: 359—
- 小 泉 清 明 一九三〇 昆蟲の發育有効積算溫度に關する考察『應用動物學雜誌』一一、一一—
- LUDWIG, D. 1926: Effects of temperature on the rate of development of the "Jay" beetle (*Lyphilta japonica* NEWM.) Anat. Rec., 34: 121—
- " 1928: The effects of temperature on the development of an insect (*Lyphilta japonica* NEWMAN). Physiol. Zool., 1: 358—

- " 1930 : The effect of exposure to cold on the embryonic development of the Japanese Beetle (*Popillia japonica* NEWMAN). *Physiol. Zool.*, 3 : 291—
- " 1933 : The effect of alternating temperatures on the pupal development of *Drosophila melanogaster* MEIGEN. *Physiol. Zool.*, 6 : 493—
- PAUKER, J. F. 1929 : Some effects of temperature and moisture upon the activities of grasshoppers and their relation to grasshopper abundance and control. *Trans. 4th internat. Congr. Ent.*, Ithaca, 322—
- " 1930 : Some effects of temperature and moisture upon *Melanoplus mexicanus*, SAUSSURE, and *Cnemidophorus*, SCUDDER. *Bull. Univ. Montana Agric. Exp. Sta.*, 223, 132 pp.
- PEARIS, L. M. 1927 : Some phases of the relation of temperature to the development of insects. *Bull. West. Virginia Univ. Agric. Exp. Sta.*, 208 : 62 pp.
- VOÛTE, A. D. 1935 : Die Entwicklung der Mehlmotte, *Ephestia kuehniella* ZELL., bei konstante und schwankenden Temperaturen. *Zeits. angew. Ent.*, 22 : 1—
- ZWÖLFER, W. 1931 : Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten, I. Die Kieferneule, *Taolus fannina* SCHIFF. *Zeits. f. angew. Ent.*, 17 :
- " 1932 : Methoden zur Regulierung von Temperatur und Feuchtigkeit. *Ibid.*, 19 :